

Figura 4.5 *Falla de estructura con un anuncio espectacular en la carretera entre Mérida y Puerto Progreso*

En la misma zona donde se ubicaba la estructura del anuncio espectacular de la fig. 4.5, se observó la falla de un conjunto de silos para almacenamiento de granos de la empresa Maseca. De la batería de silos solamente fallaron los dos que estaban vacíos al momento de incidencia del meteoro (fig. 4.6). Este tipo de falla en silos, puede constituirse en un referente importante para las propuestas de diseño, en cuanto al hecho de que debería considerarse una condición de carga producto de la presión externa del viento y la ausencia de la presión interna que le provoca el material interno. Esta presión interna le proporciona cierta estabilidad a la placa de pared del silo y puede retardar la aparición del fenómeno de pandeo en el intervalo elástico (Den Hartog, 1952).

En toda la zona afectada por la trayectoria del meteoro hubo daños considerables en estructuras metálicas, en su mayoría usadas para el almacenamiento de granos, o para dar albergue a las granjas avícolas. Este tipo de estructura moderna resulta altamente sensible a los daños producidos por el viento, ya que generalmente ofrece una gran área de resistencia a éste y presenta un peso propio muy bajo.



Figura 4.6 *Falla de la estructura de un silo para almacenamiento de grano, que se encontraba vacío al momento del impacto del meteoro. La batería de silos se localiza en la carretera entre Mérida y Puerto Progreso*

4.3.2 Daños en edificación de vivienda

La mayor parte de los daños observados en viviendas se relaciona con aquellas constituidas con los denominados materiales precarios, tanto en techos como en muros. El INEGI proporciona los valores correspondientes al porcentaje de vivienda para el estado de Yucatán en la que se tiene material precario en muros y en la que se tiene material precario en techos; de la inspección después del huracán Isidore se pudo constatar que en el estado se tienen básicamente tres tipos de edificación en vivienda: 1) la vivienda de mampostería confinada en muros y concreto reforzado en las losas, localizada principalmente en la zona urbana de las grandes ciudades como Mérida, Puerto Progreso y Motul; 2) vivienda de mampostería confinada en muros y material precario en techos (principalmente lámina acanalada, apoyada en una estructura de madera o en una retícula de elementos de acero), tipo que generalmente se localiza en la zona rural y poblaciones pequeñas, y que constituye aproximadamente el 50% de la edificación para vivienda en dichas zonas, y, 3) vivienda de material precario en muros (siendo este desde bajareque, hasta mampostería simple) y materiales precarios en techos (siendo estos a base de una estructura soporte de madera, sobre la cual se coloca desde palma, hasta láminas de cartón enchapopotado), tipo de vivienda que se localiza en la zona rural y en un pequeño porcentaje en pequeñas poblaciones, y que constituye el 40% de la edificación para vivienda.

Dentro de la vivienda de los tipos 2 y 3, que tienen material precario en techos, se reportaron los porcentajes más altos de daño en techos (desde desprendimiento total, hasta falla parcial del mismo) Este valor fue del orden del 60%, coincidiendo la localización de las regiones con mayor porcentaje de daño con la trayectoria del meteoro (Fuente: Protección Civil del Estado de Yucatán y Área de Riesgos Hidrometeorológicos del CENAPRED). Las regiones donde censó la mayor densidad de daño incluye la parte sur del estado (en la vecindad de Oxkutzkab), donde se registran velocidades de viento correspondientes a tormenta tropical, relativamente pequeñas, pero durante periodos de tiempo prolongados (aproximadamente 24 horas, según se mencionó anteriormente con las curvas isócronas). Ver fig. 4 1.

Para la vivienda del tipo 1, no se observaron daños estructurales de importancia, excepto en aquellos casos donde, por la caída de árboles, se vieron afectadas. Este tipo de daño en vivienda "formal" se identificó en un muy bajo porcentaje tanto en zonas urbanas (zona sur de Mérida por ejemplo), como en la región rural.

Para el tipo de vivienda 2, se identificó que, en la mayoría de los casos (aproximadamente el 80%), aunque existía una estructura reticular de madera o acero para soporte y fijación del material de la techumbre (predominantemente lámina), la tendencia es que éste únicamente esté sobrepuesto, sin elementos de fijación, salvo algunos tabicones a modo de contrapeso. Esta costumbre en la región, originada probablemente por la falta de recursos económicos, genera un alto grado de vulnerabilidad en la vivienda de este tipo; aunado a lo anterior, el hecho de que también muchas de las viviendas no cuenten con vidrios en las ventanas, incrementa considerablemente la vulnerabilidad de las mismas ante la incidencia de vientos intensos. Daños típicos en las techumbres de este tipo de vivienda se presentan en la fig 4 7.



Figura 4.7 Daño en vivienda de mampostería confinada con material precario en techo

Es preciso mencionar que aunque se presentaron las fallas en la techumbre de un porcentaje alto de este tipo de edificación, no se observó la falla de los muros. En estas viviendas, los elementos confinantes son castillos y dadas de cerramiento en los extremos y en la parte superior e inferior de los muros; el hecho de que no hayan presentado daño, aún después de la falla del techo, es indicativo del buen comportamiento de las edificaciones en las que se tienen elementos confinantes de concreto reforzado en la mampostería

Para la vivienda del tipo 3, a base de material precario en muros y techos, el porcentaje de daño resulta del orden de 70 a 80% ((Fuente: Protección Civil del Estado de Yucatán y Área de Riesgos Hidrometeorológicos del CENAPRED). Para las viviendas de mampostería simple en muros y techumbre con una inadecuada fijación, la falla o desprendimiento de la estructura del techo acarrió la falla total de la estructura, como se indica en la fig. 4.8. Este tipo de fallas o daños se observó en un porcentaje muy bajo de vivienda (inferior al 20%).



Figura 4.8 Daño en la techumbre de edificación de vivienda con material precario en techos y mampostería confinada en los muros

Dentro de la edificación para vivienda con material precario en muros y techos, sobresale la propia de la región Maya, con adobe de gran espesor o bajareque en los muros, y madera y palma en los techos. Este tipo de edificación presentó una gran densidad de daño total en las viviendas, desde la falla de los muros de soporte, hasta únicamente la falla de la techumbre. En las figs 4.8 y 4.9 se ejemplifican dos casos, uno de una estructura con muros de adobe, y otra con muros de bajareque; en la de muros de adobe, la techumbre está constituida por madera y palma, y en la estructura con bajareque, el techo es a base de láminas de cartón, soportado por una estructura de madera. Las dos estructuras presentaron falla total y la pérdida de los bienes de los ocupantes.

De la observación del comportamiento de este tipo de vivienda en la zona de influencia del meteoro, se pudo identificar que dentro de las viviendas con techumbre a base de palma, de cartón enchapopotado o de la combinación de ambos, apoyados en estructuras reticulares de madera, algunas presentaban daño y otras no, estando todas localizadas en la misma zona. Esto se pudo asociar con el ángulo que forma el techo con el plano horizontal, o bien con el ángulo que forman las dos cubiertas del techo en la cumbre (fig. 4.10)

Se observó que a mayor valor del ángulo del techo respecto al plano horizontal (γ), el nivel de daño disminuía. Parte de esta aseveración coincide con los valores propuestos en el Manual de Obras Civiles de la CFE (MOCCFE, 1993) para los coeficientes de presión exterior en techos de construcciones con plantas rectangulares cerradas. Así, a mayor valor del ángulo γ , los valores de los coeficientes, originalmente de succión, se reducen en la cara de barlovento; hasta que para ángulos superiores a 35° o 45°, los valores de los coeficientes en la cara de barlovento son de presión, manteniéndose de succión en sotavento. Esto puede

repercutir en que sobre la estructura global del techo se ejerzan solamente fuerzas de “arrastre”, y no de succión que la “levanten”



Figura 4.9 *Falla de vivienda con tipología de la región, constituida a base de material precario en muros y techos*

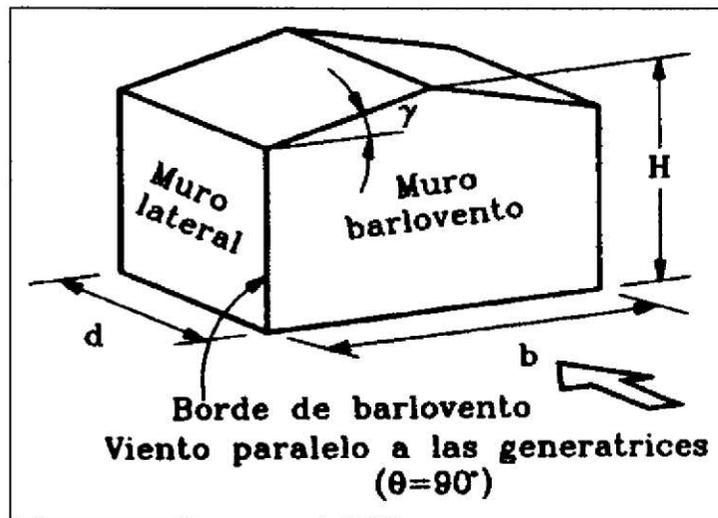


Figura 4.10 *Definición de parámetros de los techos de vivienda de planta cerrada*

Un tipo de edificación para vivienda que llamó la atención por su comportamiento ante uno de los campos de velocidades probablemente más altos, fue el observado en la ciudad de Telchac Puerto, donde, según la trayectoria reportada del meteoro, el huracán “entró” a la península. En esta ciudad la mayor parte de la edificación es de madera, resuelta con base en estructura tipo “tambor”, con elementos diagonales en muros, y estructura reticular en techos. Los elementos de fachada en muros son tablonés de 5 a 20 mm de espesor; en los techos se observó lámina metálica acanalada de calibre pequeño. Por las características del sistema estructural y de los materiales componentes, se puede pensar en una estructura relativamente ligera y susceptible de presentar daño ante viento. Sin embargo, en esta población menos del 30% de la vivienda sufrió daño entre severo y falla total, aproximadamente el 50% de la vivienda de estas características presentó daño en techos, específicamente en la lámina de cubierta.